

V—3 硫黄モルタルを用いた円筒継手について

北海道工業大学 正員 佐々木 勝男
 ； 学生員 黒川 英博
 ； 学生員 梅田 史

1. まえがき

プレキャスト部材の接合に用いる円筒継手の概略は図-1に示すようであり、継手の周囲を鋼製円筒で拘束し、その円筒内にモルタルを充てんしたものである。

これまでも行なわれてきた実験では充てんモルタルに、硫黄モルタルを用い、早期硬化、流動性、再利用、冬期間使用等の面でその特有の性質を利用する実験が行なわれてきた。本実験では硫黄材料において凝結と融解の可逆性を用いて、継手の機能を回復する試みについて、データを得ようとしたものである。即ち、雪圧等で一旦継手が破壊されても、その可逆性を利用して、継手の機能を回復することを目的としたものであり、数回の引き抜き試験終了後の繰返しについて、その引き抜き強度と主な影響因子について実験を行なった。

2. 実験の概要

実験は3シリーズに分割した。

シリーズ1：3因子、3水準を表-1のようにとり、L27直交表により割り付けを行なった。

シリーズ2：表-2の5因子、3水準を割り付けて引き抜き試験を行う。

シリーズ3：表-2の5因子、3水準を割り付けてシリーズ2の実験後の供試体を1回～5回まで加熱し引き抜き試験を行う。

2-(1) シリーズ1 (硫黄モルタルの強度試験)

(a) 曲げ試験

供試体寸法 $4 \times 4 \times 16$ cmで行ない、JISR 5201 セメントの強さ試験は(ミハエリス2重てこ型曲げ強さ試験機)に準じて行なった。

(b) 圧縮試験

曲げ試験の供試体を2分したものをを用い試験を行なった。

(c) 硫黄モルタルの配合

(1) 細骨材：硫黄の割合は0.6:1, 0.8:1, 1:1とする。

(2) フライアッシュは硫黄1kgに対して0g, 2g, 4gとする。

(3) 軽量骨材は硫黄1kgに対して0g, 80g, 160gとする。

(2) シリーズ2 (円筒継手の引き抜き試験)

(a) 供試体

供試体は概略図-1に示すような形状である。継手の周囲を鋼製円筒で拘束し、その円筒供試体に硫黄モルタルを充てんするものである。

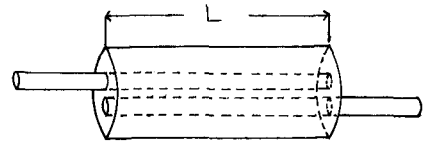


図-1 円筒継手の側面図

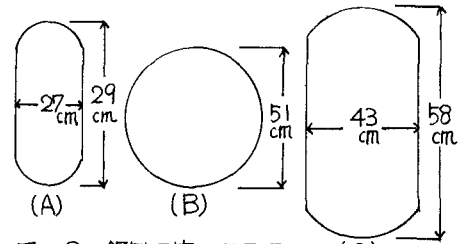


図-2 鋼製円筒の断面図

表-1 シリーズ1の因子及び水準

因子 \ 水準	1	2	3
細：硫黄	0.6 : 1	0.8 : 1	1 : 1
フライアッシュ	0g	2g	4g
細骨材量	0g	80g	160g

表-2 シリーズ2, 3の因子及び水準

因子 \ 水準	1	2	3
細：硫黄	0.6 : 1	0.8 : 1	1 : 1
フライアッシュ	0g	2g	4g
細骨材量	0g	80g	160g
継手長	8D	10D	12D
断面形	(A)	(B)	(C)

(b) —— 使用材料 ——

使用材料は、鉄筋D16(SD30)で継手長は8D,10D,12Dとした。拘束円筒の断面形は、図-2の(A),(B),(C)とし引き抜き試験を行った。

(c) —— 硫黄モルタルの配合 ——

(1)-(C)の配合と同様である。

(3) シリーズ3 (加熱後の円筒継手の引き抜き試験)

シリーズ3では、シリーズ2の引き抜き試験後の供試体について実験を行ったものである。

前者の供試体を通電加熱した加熱炉において円筒内の硫黄モルタルを溶解し、それを自然冷却し、再び引き抜き強度を調べるものである。この実験を1供試体につき5回繰り返し引き抜き強度を求め、硫黄モルタルの再利用の限界強度を調べるものである。尚、シリーズ2の27個の供試体につき全て行い、因子、水準はシリーズ2と同様である。

表-3 圧縮強度試験の分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	2286.13	8.02**	19.5
フライッシュ(2列)	2	559.50	1.96	2.3
交互作用(1×2)	4	1662.50	5.84*	26.6
交互作用(1×5)	4	898.56	3.15	11.4
交互作用(2×5)	4	334.31	1.17	0.2
誤差	10	284.91		40.1

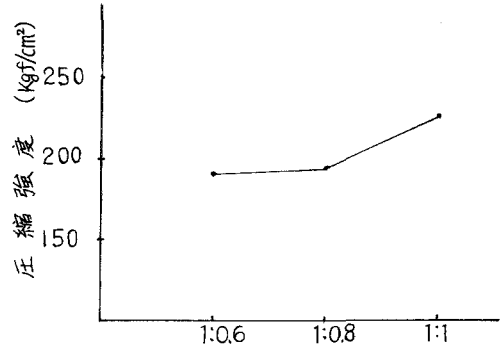


図-3 硫黄:細の主効果グラフ

表-4 曲げ強度試験の分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	224.17	19.61**	36.4
フライッシュ(2列)	2	188.32	12.92**	27.5
交互作用(1×2)	4	18.05	1.45	1.1
交互作用(1×5)	4	16.87	1.35	0.7
交互作用(2×5)	4	33.17	2.66	5.9
誤差	10	12.45		28.4

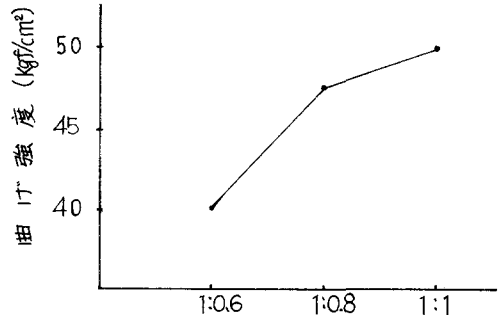


図-4 硫黄:細の主効果グラフ

表-5 引き抜き強度試験分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	6269.44	5.20	1.0
フライッシュ(2列)	2	5925.76	4.92	0.9
軽量骨材(5列)	2	45738.90	37.96**	8.6
継手長(9列)	2	316674.00	262.83**	60.9
断面形(10列)	2	26296.30	21.83**	4.8
交互作用(1×2)	4	26983.70	22.02**	9.9
交互作用(1×5)	4	14476.50	12.02*	5.1
交互作用(2×5)	4	16033.60	13.31*	5.7
誤差	4	12048.0		3.0

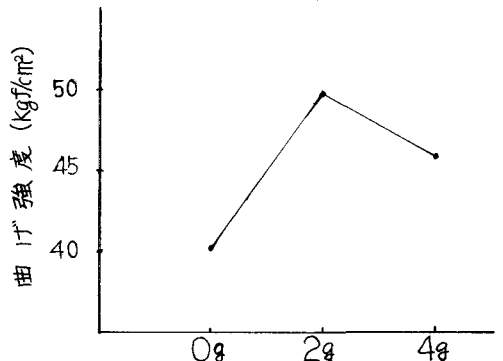


図-5 フライッシュの主効果グラフ

表-6 加熱後の1回目引き抜き強度の分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	2351680	3.14	4.8
ファイブッシュ(2列)	2	1153760	1.54	1.2
軽量骨材(5列)	2	5013710	6.70	12.8
継手長(9列)	2	7191660	9.62*	19.3
断面形(10列)	2	7466530	9.98*	20.1
交互作用(1x2)	4	2202560	2.95	8.7
交互作用(1x5)	4	1359660	1.82	3.7
交互作用(2x5)	4	812192	1.09	0.4
誤差	4	747792		29.1

表-8 加熱後の3回目引き抜き強度の分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	2043000	2.28	2.1
ファイブッシュ(2列)	2	1122220	1.25	0.4
継手長(9列)	2	11469800	12.78*	19.4
断面形(10列)	2	16585800	18.49*	28.8
交互作用(1x2)	4	4634400	5.17*	13.7
交互作用(1x5)	4	2014350	2.25	4.1
交互作用(2x5)	4	3627270	4.04	10.0
誤差	6	897130		21.6

表-9 加熱後の4回目引き抜き強度の分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	926960	1.65	0.1
継手長(9列)	2	19531000	34.69*	38.6
断面形(10列)	2	14977300	26.60*	29.2
交互作用(1x2)	4	2770820	4.92*	7.8
交互作用(1x5)	4	1120530	1.99	0.9
交互作用(2x5)	4	1398740	2.48	2.1
誤差	8	563012		21.3

表-10 加熱後の5回目引き抜き強度の分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	3055000	7.07*	6.0
ファイブッシュ(2列)	2	692584	1.60	0.1
継手長(9列)	2	12323700	28.54*	28.9
断面形(10列)	2	15135300	35.05*	35.8
交互作用(1x2)	4	1741540	4.03*	5.5
交互作用(2x5)	4	1815130	4.20*	5.8
誤差	10	431834		17.9

注) *は5%危険率 **は1%危険率

表-7 加熱後の2回目引き抜き強度の分散分析表

因子	自由度	平均平方和	F	寄与率
硫黄:細(1列)	2	3181300	29.00**	12.3
ファイブッシュ(2列)	2	2066070	18.83**	7.8
軽量骨材(5列)	2	1622700	14.79**	6.1
継手長(9列)	2	11065300	100.87**	43.9
断面形(10列)	2	912264	8.32**	3.2
交互作用(1x2)	4	2289490	20.87**	17.5
交互作用(1x5)	4	384784	3.51	2.2
交互作用(2x5)	4	264548	2.41	1.2
誤差	4	109700		5.7

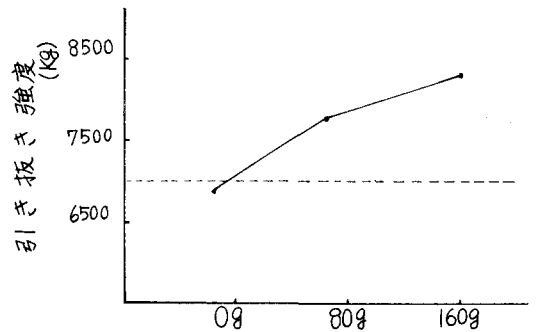


図-6 軽量骨材の主効果グラフ

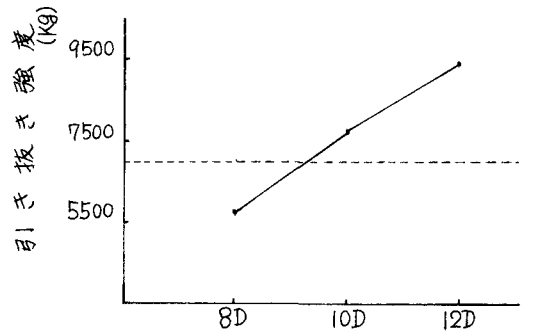


図-7 継手長の主効果グラフ

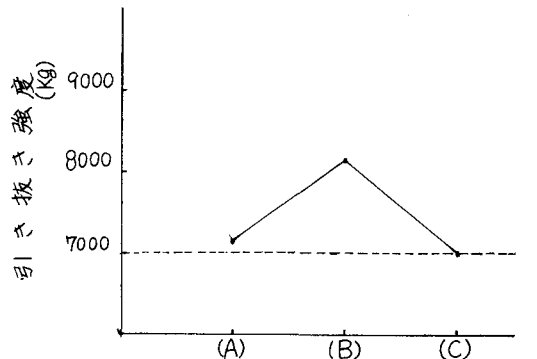


図-8 断面形の主効果グラフ

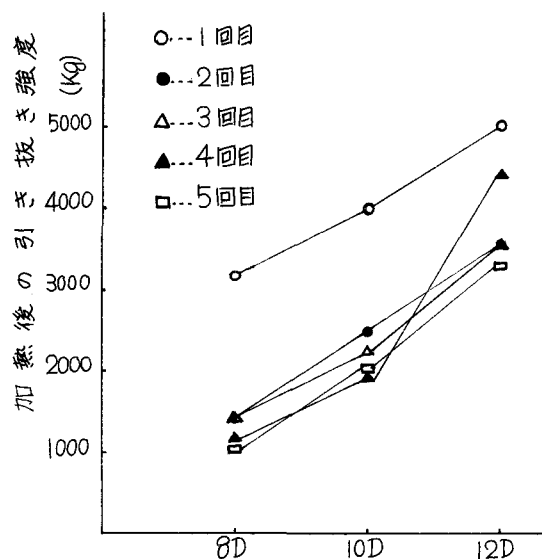


図-9. 第1回～5回加熱後の継手長の主効果グラフ

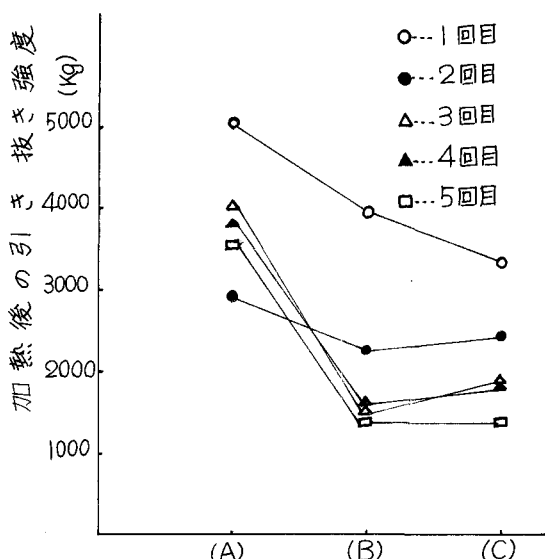


図-10. 第1回～5回加熱後の断面形の主効果グラフ

3. 実験結果と考察

3-① シリーズ1 (硫黄モルタルの強度試験)

硫黄モルタルの強度試験の結果から圧縮強度試験及び曲げ強度試験の分散分析を行ない、その結果を表-3及び表-4に示す。その結果、曲げ強度試験については、細骨材対硫黄の重量比及び、フライアッシュに有意が認められ、圧縮強度については、細骨材対硫黄の重量比に有意が認められ、その主効果グラフを図-3～図-5に示す。

3-② シリーズ2 (円筒継手の引き抜き強度試験)

円筒継手について、引き抜き強度試験を行い、その実験結果から分散分析を行ない、表-5に示す。その結果、軽量骨材、継手長、断面形に有意が認められ、その主効果グラフを図-6～図-8に示す。

3-③ シリーズ3 (加熱後の円筒継手の引き抜き試験)

円筒継手について、加熱後の引き抜き試験を行い、その実験結果から分散分析を行ない、表-6～表-10に示す。その結果、1回目～5回目まで全てに、継手長、断面形に有意が認められ、その主効果グラフを図-9及び図-10に示す。

4. 結論

硫黄モルタルの材料強度については、充てんが充分にできる範囲内で細骨材の量を増加させると、細骨材対硫黄の重量比が有効になる。曲げ強度試験に関しては適量のフライアッシュが有効であることが認められた。

継手の引き抜き試験及び加熱後の引き抜き試験については、継手長、断面形の変化が、かなり重要な要因であり継手長は、引き抜き及び加熱後の引き抜き、共に長い程、有意であることが認められた。断面形では、引き抜きが、図-2の(B)の型が有効であることが認められたが、加熱後の引き抜き試験では、1回目～5回目まで全てが、図-2の(A)が有効であることが認められた。処女引き抜き試験では、円筒内の体積が大きい程、引き抜き強度が大であったが、加熱後の試験では、それが認められなかった。加熱後の引き抜き試験では、円筒継手を加熱炉で通電加熱し溶解する方法では、硫黄モルタルの細骨材が沈殿することがあるが、図-2の(A)のような円筒では、円筒内の体積が小さく、溶解時間も短縮され、ある程度、細骨材の沈殿を拘束することができれば引き抜き強度が大になることが考えられる。また、加熱前の引き抜き強度に関しては、軽量骨材の増加も有効であることが認められた。